

сопротивлении короткозамыкающих колец.

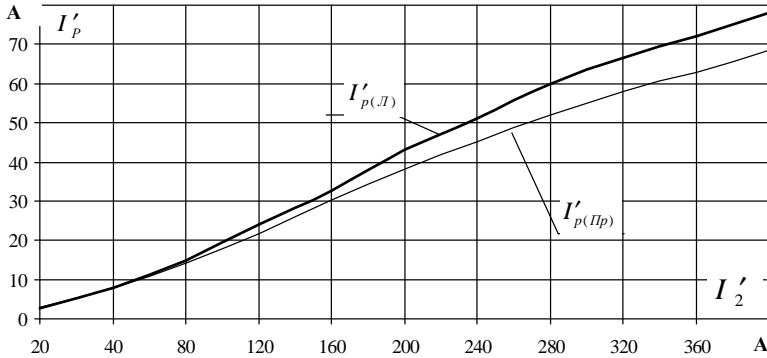


Рис.4 – Зависимость поперечного тока на элементарном участке в левой $I'_{p(Л)}$ и правой $I'_{p(Пр)}$ половинах магнитопровода ротора от тока в обмотке ротора I'_2

Таким образом, измеренная величина поперечного тока на 1/5 длины магнитопровода короткозамкнутого ротора составила порядка 20% от приведенного тока в обмотке ротора в режиме короткого замыкания. Целесообразно при электромагнитном расчете асинхронных машин использовать математическую модель, которая учитывала бы поперечные токи в магнитопроводе короткозамкнутого ротора.

1. Чабан В.И. Параметрическая чувствительность глубокопазных асинхронных двигателей // Электричество. – 1993. – №9. – С.43-45.

2. Компьютерный анализ влияния поперечных токов в роторе асинхронного короткозамкнутого двигателя на паразитные моменты. Model matematyczny indukcyjnego silnika klatkowego uwzględniający prądy poprzeczne w wirniku / Kluszczynski Krzysztof, Malicki Piotr // Zesz. nauk Elek./ PSI. – 1992. – №126. – С.7-23.

3. Зыкин Ф.А. Устройство для измерения магнитных потоков, намагничивающих сил и токов // Электричество. – 1995. – №1. – С.75-79.

Получено 09.02.2009

УДК 69.057

Я.О.СЕРИКОВ, канд. техн. наук, Н.О.РАЗГУЛЯЄВА
Харківська національна академія міського господарства

АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Проаналізовано методи розрахунку захисного заземлюючого пристрою електроустановок. Визначено недоліки й переваги методів, викладено пріоритетні напрямки використання розглянутих методів розрахунку.

Одним з основних методів захисту людей, працюючих на електроустановках, є захисне заземлення.

Захисне заземлення – навмисне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих частин обладнання, що не знаходяться під напругою в нормальних умовах, але які можуть опинитися під напругою у випадку порушення ізоляції електроустановки (рисунок) [1, 2, 4].

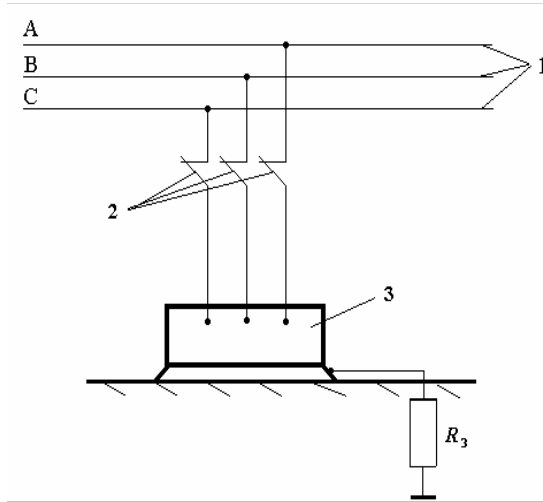


Схема захисного заземлення електроустановки:

1 – магістраль живлення електричної установки; 2 – контакти електричного вимикача;
3 – електрична установка; R_3 – електричний опір захисного заземлення.

Призначенням захисного заземлення є усунення небезпеки ураження людини електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання.

Принцип дії захисного заземлення полягає у зниженні до безпечних значень напруги дотику і шагу, що обумовлені замиканням на корпус та іншими причинами. Це забезпечується тим, що опір захисного заземлення ($R_3 \leq 4$ Ом) значно менший за опір тіла людини, що приймається при розрахунках ($R_T = 1000$ Ом). Ці опори включені паралельно, тому, згідно із законом Кіргофа, струм через тіло людини (I_n) буде значно меншим, ніж струм через опір захисного заземлення (I_3).

Розрахунку захисного заземлюючого пристрою передуює вибір системи нормування, за якою передбачається виконувати проектування захисного заземлюючого пристрою. Відповідно до прийнятої системи нормування розрахунок захисного заземлюючого пристрою виконують

за допустимим опором розтікання струму або за допустимою напругою дотику.

Головною метою розрахунку є вибір конструктивних параметрів штучного заземлювача, при яких він задовольняє вимогам прийнятого нормування і мінімальних витрат на його спорудження. До таких конструктивних параметрів відносяться габаритні розміри заземлювача, відстань між вертикальними заземлювачами (електродами), їх кількість, перетин і місця установки, довжина поздовжньої з'єднувальної смуги, глибина її закладання в ґрунті. Розрахунок проводять для найбільш несприятливих сезонних умов, при яких електричні характеристики заземлюючого пристрою приймають найбільше значення в результаті зміни питомого опору (ρ_r) верхнього шару ґрунту. Необхідні для розрахунку сезонні умови враховують вибором розрахункового сезону, до якого мають бути приведені виміри параметрів електричної структури землі.

При цьому розрахунок виконують: а) для розміщення захисного заземлюючого пристрою в однорідному ґрунті; б) при розміщенні захисного заземлюючого пристрою електроустановки в двошаровому ґрунті.

Найбільш поширеними методами розрахунку є метод коефіцієнтів використання та метод наведених потенціалів. Однак, у літературі відсутня інформація, що містила б порівнювальні дані відносно достойнств розглядуваних методів розрахунку та рекомендації щодо пріоритетного їх використання [2-4].

Розглянемо та проаналізуємо два методи розрахунку захисного заземлюючого пристрою. Перший з них – метод коефіцієнтів використання. Суть цього методу полягає у знаходженні наступних величин:

1. Опору одиночних заземлювачів, що об'єднані в один заземлювач, Ом:

$$R'_3 = \frac{1}{\eta \sum (1/R_0)},$$

де η – коефіцієнт використання об'єднаних заземлювачів; $\sum 1/R_0$ – сума провідності одиночних заземлювачів.

При однакових одиночних заземлювачах кількістю n формула для R_3 має вигляд:

$$R_3 = R_0 / (\eta \cdot n).$$

2. Опору захисного заземлення, Ом, який дорівнює

$$R_3 = R_c \cdot R_n / (R_c + R_n).$$

3. Опору протяжних заземлювачів, Ом:

а) смуги при $l/2h \geq 2,5$

$$R_{o.c.} = \frac{\rho_{розрах}}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bh'}$$

де b – ширина смуги, см;

б) круглої сталі при $h \neq 0, d \geq 1,2$ см

$$R_{окр} = \frac{\rho_{розрах}}{2\pi^2 l} \ln \frac{l^2}{dh'}$$

в) кільцевого заземлювача при $h < D/2$

$$R_{окз} = \frac{\rho_{розрах}}{2\pi^2 D} \ln \left(\frac{8\pi D^2}{bh'} \right),$$

де D – діаметр заземлювача, см.

4. Опору контуру захисного заземлення зі стержнів, з'єднаних смугами:

$$R_{з.с} = 1 / (1/R_c + 1/R_n).$$

Тут

$$R_c = \frac{R_{o.c.}}{n\eta_c}; \quad R_n = \frac{R_{o.n}}{n\eta_n}$$

де R_n – опір смуги, що з'єднує стержневі заземлювачі в один спільний заземлювач, Ом; η_c, η_n – коефіцієнти використання стержнів і смуги, що залежить від кількості і форми розміщення стержневих заземлювачів у ґрунті.

Отримане значення $R_{з.с}$ повинно бути не більше опору захисного заземлюючого пристрою.

5. Опору захисного заземлювача зі смуг, Ом:

$$R_{з.н} = \frac{R_{o.n}}{(n\eta_n)},$$

де η_n – коефіцієнт використання ряду смуг; n – кількість смуг у захисному заземлюючому пристрої.

6. Опору багатопроменевого захисного заземлюючого пристрою розтіканню струму замикання на землю:

$$R_{л} = \frac{R_{o.л}}{(n\eta_{л})},$$

де $R_{o.л}$ – опір одиночного променю, Ом; n – кількість променів багатопроменевого заземлювача, шт.; $\eta_{л}$ – коефіцієнт використання заземлювачів з круглої сталі.

Другий метод розрахунку – це метод наведених потенціалів, за яким визначають:

1. Опір заземлювача R_3 , Ом,

$$R_3 = \frac{U_{\text{дом.дон}}}{I_3 \alpha_1 \alpha_2}.$$

2. Коефіцієнт дотику α_1 :

$$\alpha_1 = \frac{M}{\left(\frac{l_B L_T}{a \sqrt{S}}\right)^{0,45}},$$

де параметр M залежить від відношення розрахункових питомих опорів верхнього (ρ_1 , Ом·м) і нижнього (ρ_2 , Ом·м) шарів двошарового ґрунту.

3. Коефіцієнт дотику α_2 :

$$\alpha_2 = \frac{1}{1 + \frac{1,5\rho_1}{R_h}}.$$

4. При використанні природних заземлювачів опір штучного заземлювача $R_{ш}$, Ом, менше потрібного R_3 , Ом:

$$R_{ш} = \frac{R_{np} R_3}{R_{np} - R_3},$$

де R_{np} – опір розтіканню природного заземлювача, Ом.

5. Опір природних заземлювачів:

$$R_{np} = \sqrt{r_{он} \frac{r_T}{n_T}},$$

де $r_{он}$ – розрахунковий, найбільший опір заземлення однієї опори, Ом; r_T – активний опір тросу на довжині одного прольоту, Ом; n_T – кількість тросів на опорі.

Для сталюого тросу розрізом S , мм², при довжині прольоту l , м, активний опір, Ом,

$$r_T = 0,15 \frac{l}{S}.$$

Якщо значення R і $R_{ш}$ збігаються або незначно різняться, це означає, що основні параметри прийнятого заземлювача вибрані вірно. При

значних розбігах у значеннях R і $R_{ш}$ необхідно внести корективи і знову провести розрахунок R .

За попередньою схемою захисного заземлюючого пристрою визначають: площу території, яку займає заземлювач (площа заземлювача) S , m^2 ; сумарну довжину горизонтальної з'єднувальної смуги, m ; кількість n вертикальних електродів і їх сумарну довжину.

Завдання правильного проектування захисного заземлення електроустановок є актуальним і важливим, оскільки від цього безпосередньо залежить безпека працюючих в електроустановках. Захисні заземлюючі пристрої – це невід'ємна частина електротехнічних установок. На них покладено численні функції із забезпечення надійної і безпечної роботи електроустановки. Тому аналіз і вибір методу розрахунку захисного заземлення – необхідна задача, вирішення якої вимагають положення безпеки праці.

Порівнюючи викладені вище методи, можна сказати, що розрахунок за ними може виконуватися як за допустимим опором розтікання струму заземлювача, так і за допустимою напругою дотику (і шагу).

Метод коефіцієнтів використання є функціональним методом, адже він може використовуватися як для простих, так і для складних конструкцій групових захисних заземлюючих пристроїв.

Метод наведених потенціалів більш складний, але дає точніші результати, ніж метод коефіцієнтів використання. Його доцільно використовувати при складних конструкціях групових заземлювачів, що звичайно має місце в електроустановках з великими струмами замикання на землю (більше 500 А), тобто напругою 110 кВ і вище.

1. ДНАОП 1.1.10-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок. – К., 2000. – 159 с.

2. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.

3. Техника безопасности при строительно-монтажных работах в энергетике / Под ред. П.А. Долина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 544 с.

4. Серіков Я.О. Основы охорони праці. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 227 с.

Отримано 29.12.2008

УДК 621.315.66

О.Д.МАЗІЙ, В.Ф.РОЙ, д-р фіз.-матем. наук
Харківська національна академія міського господарства

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ КЛІМАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

Розглядається вплив кліматичних навантажень на елементи ліній електропередач та аналізується ефективність сучасних методів контролю та протидії їх наслідкам.